

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-210263  
(P2001-210263A)

(43)公開日 平成13年 8 月 3 日(2001. 8. 3)

|                          |       |               |             |
|--------------------------|-------|---------------|-------------|
| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テーマコード*(参考) |
| H 0 1 J 37/21            |       | H 0 1 J 37/21 | B 5 C 0 3 3 |
| 37/22                    | 5 0 2 | 37/22         | 5 0 2 A     |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-23276(P2000-23276)

(22)出願日 平成12年 1 月27日(2000. 1. 27)

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地  
(71)出願人 000233550  
株式会社日立サイエンスシステムズ  
茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地  
(72)発明者 渡邊 俊哉  
茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内  
(74)代理人 100074631  
弁理士 高田 幸彦 (外 1 名)

最終頁に続く

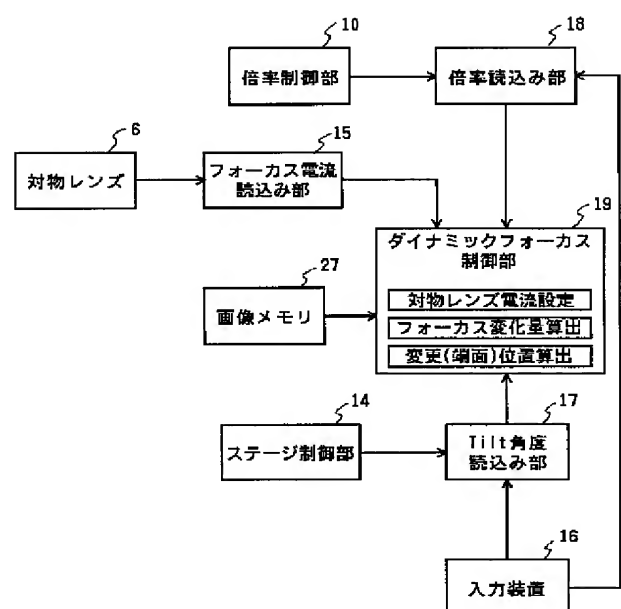
(54)【発明の名称】 走査電子顕微鏡、そのダイナミックフォーカス制御方法および半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法

(57)【要約】

【課題】ダイナミックフォーカス機能を有した走査電子顕微鏡において、2つ以上の傾斜角を持つ試料、特にデバイス切断面やF I B加工試料の表面および断面を同時に観察する鳥瞰図観察に当り、視野全面にフォーカスの合った像を得ることにある。

【解決手段】試料の傾斜角度の変更位置を、フォーカス後の信号波形より特定する。その角度の変更位置、フォーカス電流値、Tilt角度読み込み部 17 からの傾斜角度情報および倍率読み込み部 18 からの観察倍率情報から、その変更位置前後の傾斜角に合わせた走査線 1 本ごとのフォーカス変化量 $\Delta I$ を計算し、Y方向走査に合わせて、ダイナミックフォーカス制御部 19 から対物レンズ電源 20 のフォーカス電流に逐次重畳させることを特徴とし、鳥瞰図観察におけるフォーカス外れを防ぐことができる。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡において、

フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に合わせたフォーカス変化量を算出し、該フォーカス変化量によって対物レンズ励磁電流の変化量を設定することを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項2】請求項1において、検出された信号を画面表示する表示部を備え、

フォーカスサーチによる信号波形の変化からトップピークを求めてそのピーク位置を算出し、表示画面の中心とピーク位置とからトップピークの位置を表示画面上に確定することを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項3】請求項1において、

対物レンズ励磁電流の変化量は、ステージ制御部もしくは入力装置からの試料傾斜角度読み込み部に読み込まれた傾斜角度情報、倍率制御部もしくは入力装置から倍率読み込み部に読み込まれた倍率情報、画像メモリに記憶された画像情報に基づいて設定されることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項4】請求項1において、

Y方向走査の走査戻り時間毎にフォーカス電流にフォーカス電流変化量を逐次加算または減算して現在のフォーカス電流とし、試料の傾斜の変更位置からは現在のフォーカス電流にフォーカス電流変化量を逐次減算または加算して現在のフォーカス電流を求め、1ラインの対物レンズ励磁電流を設定することを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項5】電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡において、

フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に合わせたフォーカス変化量を算出し、該フォーカス変化量によって対物レンズ励磁電流を設定し、

1フレーム中の複数個所の設定された対物レンズ励磁電流を読み取って記憶し、1フレーム中の対物レンズ励磁電流の基準値および変化量を設定することを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項6】電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動

作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法において、

観察面の傾斜方向が90°変化する試料において、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、観察面方向が90°変化するに伴うフォーカス変化量を算出することを特徴とする走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法。

【請求項7】電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法において、

試料を任意角度傾斜させ、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に伴うフォーカス変化量を傾斜の変更位置と走査終了位置のそれぞれのフォーカス電流から算出することを特徴とする走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法。

【請求項8】走査電子顕微鏡による半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法において、

半導体デバイスを任意角度傾斜させ、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に伴うフォーカス変化量を算出し、励磁レンズ電流を制御して表示画面の同一視野上の表面および断面を一枚の画像に取得することを特徴とする半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ダイナミックフォーカス機能および試料傾斜機能を有した、試料表面から発生する信号により像を形成する走査電子顕微鏡に係り、傾斜した試料の観察に関し、特に半導体デバイスの切断面やFIB加工を行った試料の表面および断面の同時観察に関する。ここでFIB加工とはFocused Ion Beamによる加工の意味でGaイオンビームを試料に照射することにより任意の場所に任意の断面を作成できる加工法である。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、走査電子顕微鏡では、深い焦点深度を持つことで知られるが、高分解能観察にあたっては、試料照射時の電子ビームの開き角を大きくし、電子ビームのスポット径を小さくする必要がある。このとき焦点深度は、開き角に反比例する（浅くなる）。

【0003】よって、試料を傾斜した状態で高分解能観察を行う場合、試料の高さの違いによる焦点のボケをなくすために、ダイナミックフォーカスが使用される。

【0004】また、単一傾斜の試料の表面観察においても、ダイナミックフォーカスを使用するにあたっては、

10

20

30

40

50

フォーカスの変化量は画面を見ながら手動により行われ、その操作は煩雑であり多少の熟練を要する。

【0005】Z方向に広がりをもつ試料に対しての計測手法として、例えば特開平5-299048号に示されるように、フォーカスを前後に振り、フォーカスの合った部位およびそのZ軸情報を抽出し、それを足しあわせることにより鳥瞰図を生成、表示する手法がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ダイナミックフォーカスの実際の操作において、パルス信号の振幅の調整は、走査電子顕微鏡像を観察しながら、画面中心にフォーカスを合わせた後、画面上部および下部にて同時にフォーカスが合うように手動によりその変化量を調整するため、煩雑な操作を必要としている。

【0007】収束イオンビーム加工装置の普及に伴い、その加工面の観察ニーズは高まる一方である。特にボックス加工においては、物理的制限からその観察には、試料傾斜を行う必要があり、表面構造との対応をとるために表面・断面の同時観察が行われる。ここでボックス加工とは、試料の任意箇所(例えばデバイスの故障箇所)の断面観察を行うため、試料表面から箱型に穴を開ける加工方法である。

【0008】また、半導体やディスプレイデバイスにおける薄膜評価については、表面形状やその形状に対応する断面構造および断面方向からの膜の形成過程などが薄膜の特性を決める重要なファクターとなり、そのために表面・断面の同時観察が必須である。

【0009】しかし従来技術でのダイナミックフォーカスでは、FIB加工試料や半導体デバイスの割断面の様に、試料の断面と表面を一緒に観察する鳥瞰図観察においては、フレーム中で観察面の傾斜角度が変化するため、一方の傾斜に合わせると反対側にフォーカスが合わない。そのため、試料表面および断面のどちらかの傾斜のみにフォーカスを合わせるか、ダイナミックフォーカスを使用せず、表面と断面の変わり目付近の極一部のみにフォーカスを合わせ、観察を行っているのが現状である。

【0010】しかしながら前述したように、半導体やディスプレイデバイスの要素技術開発において、ミクロンオーダまたはそれ以下の薄膜の表・断面同時観察評価は不可欠であり、鳥瞰図全面にフォーカスが合う観察手法の確立が切望されていた。

【0011】FIB加工試料や薄膜の表面・断面の同時観察の様な比較的Z軸方向の変化が大きな試料に特化した場合、前述した特開平5-299048号の手法では必要取得画像枚数が増加し、多大な処理時間を要するため高スループットでの測定を容易に行い得ない。

【0012】本発明の目的は、FIB加工試料や半導体デバイスの割断面試料などの試料傾斜の方向が少なくとも2つ以上ある場合、特に表面・断面の同時観察におい

て、視野全面にフォーカスを自動かつ簡便にあわせることのできる走査電子顕微鏡、そのダイナミックフォーカス制御方法、および半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明においては、前記目的を達成するため、電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる手段と、電子線を試料上に走査するための偏向手段と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、検出された信号を表示するための手段と、試料を傾斜する手段と、ダイナミックフォーカス機能を備える走査電子顕微鏡において、対物レンズ励磁電流の変化量を、観察条件に基づいて設定し、観察することにある。これにより、少なくとも二つ以上の傾斜を有する試料において、特にFIB加工面や半導体デバイスの割断面など二つの観察面の傾斜間の角度が90度である試料に対し、自動的にかつ簡便に、視野全面にフォーカスが合った画像を得ることにある。

【0014】ここで前記「観察条件」とは、最終画像を得る時の観察条件であり、フォーカス電流値情報、傾斜角度情報、倍率情報、画像情報を含む。

【0015】本発明は、具体的には次に掲げる装置および方法を提供する。

【0016】本発明は、電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡において、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に合わせたフォーカス変化量を算出し、該フォーカス変化量によって対物レンズ励磁電流の変化量を設定する走査電子顕微鏡を提供する。

【0017】本発明は、更に検出された信号を画面表示する表示部を備え、フォーカスサーチによる信号波形の変化からトップピークを求めてそのピーク位置を算出し、表示画面の中心とピーク位置とからトップピークの位置を表示画面上に確定する走査電子顕微鏡を提供する。

【0018】本発明は、更に対物レンズ励磁電流の変化量は、ステージ制御部もしくは入力装置からの試料傾斜角度読み込み部に読み込まれた傾斜角度情報、倍率制御部もしくは入力装置から倍率読み込み部に読み込まれた倍率情報、画像メモリに記憶された画像情報に基づいて設定される走査電子顕微鏡を提供する。

【0019】本発明は、更にY方向走査の走査戻り時間毎にフォーカス電流にフォーカス電流変化量を逐次加算または減算して現在のフォーカス電流とし、試料の傾斜の変更位置からは現在のフォーカス電流にフォーカス電流変化量を逐次減算または加算して現在のフォーカス電

流を求め、1ラインの対物レンズ励磁電流を設定する走査電子顕微鏡を提供する。

【0020】本発明は、電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡において、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に合わせたフォーカス変化量を算出し、該フォーカス変化量によって対物レンズ励磁電流を設定し、1フレーム中の複数個所の設定された対物レンズ励磁電流を読み取って記憶し、1フレーム中の対物レンズ励磁電流の基準値および変化量を設定する走査電子顕微鏡を提供する。

【0021】本発明は、電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法において、観察面の傾斜方向が90°変化する試料において、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、観察面方向が90°変化するに伴うフォーカス変化量を算出する走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法を提供する。

【0022】本発明は、電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる照射部と、電子線を試料上に走査させるための偏向部と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、ダイナミックフォーカスを動作させるダイナミックフォーカス制御部とを備えた走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法において、試料を任意角度傾斜させ、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に伴うフォーカス変化量を傾斜の変更位置と走査終了位置のそれぞれのフォーカス電流から算出する走査電子顕微鏡のダイナミックフォーカス制御方法を提供する。

【0023】本発明は、走査電子顕微鏡による半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法において、半導体デバイスを任意角度傾斜させ、フォーカス電流情報から試料の傾斜の変更位置を求め、変更位置の前後の傾斜に伴うフォーカス変化量を算出し、励磁レンズ電流を制御して表示画面の同一視野上の表面および断面を一枚の画像に取得する半導体デバイスの表面および断面形状の把握方法を提供する。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる一実施例を図面に基いて説明する。

【0025】図1は、本発明の実施例を示すブロック図であり、図2および図3は図1の一部詳細図である。こ

これらの図において、電子銃1、引き出し電極2および加速電極3により得られた電子ビーム4は、コンデンサレンズ5および対物レンズ6にて、試料7の表面に収束せられる。このとき、任意の設定倍率に従い、倍率制御部10から倍率情報が、X方向走査制御部11およびY方向走査制御部12にそれぞれ伝えられ、走査制御部11および12から倍率に見合った走査パルス信号が、X方向走査コイル8およびY方向走査コイル9にそれぞれ入力されることにより、電子ビーム4は試料7表面を走査する。この時、試料表面から発生した二次電子22は検出器23により検出され信号となり、走査電子顕微鏡像として表示されると同時に、その信号は画像信号として、画像メモリ27に記憶される。また、試料ステージ13は、試料傾斜動作装置(図示せず)を含み、ステージ制御部14により制御されて試料傾斜や試料移動などを行う。

【0026】対物レンズ6からフォーカス電流読み込み部15にて読み込まれた電流値情報と、ステージ制御部14若しくは入力装置16からTilt角度読み込み部17にて読み込まれた傾斜角度情報と、倍率制御部10若しくは入力装置16から倍率読み込み部18にて読み込まれた倍率情報と、画像メモリ27に記憶された画像情報(メモリアドレス)を基に、図2に示すように、ダイナミックフォーカス制御部19にて、Y方向走査における傾斜の変更(端面)位置 $P_n$ (後述)および、端面位置前後の傾斜に合わせたフォーカス変化量 $\Delta f$ を算出(後述)し、対物レンズ電源20に重畳させ、試料全面にフォーカスを合わせることができ。このとき、ターン数の少ない専用コイルまたは、静電補助レンズ90を用いることにより、フォーカス変化の即応性を向上することが可能である。

【0027】試料表面21から発生した二次電子22を、検出器23にて検出する。検出された電子は信号として、陰極線管24の表示画面上に、X方向走査コイル8とY方向走査コイル9と同期の取られた、陰極線管X方向走査コイル25と陰極線管Y方向走査コイル26にて走査され、走査電子顕微鏡像として表示される。また、表示と同時に画像メモリ部27に、その画像信号が記憶される。

【0028】電子ビーム走査時には、図4(a)の様な、短周期のX方向走査パルス信号31と、長周期のY方向走査パルス信号32が、それぞれの走査コイルに入力される。走査時間33においては、X方向走査パルス信号31が変化し、X方向走査が行われる。この時、Y方向走査パルス信号32は変化せず、Y方向走査は行われない。走査もどり時間34においては、X方向はもとの走査位置に戻り、Y方向走査は一定量移動する。この時の移動により、走査線がY方向に一本分進むことになる。このサイクルを繰り返すことにより、図4(b)の様に、1フレーム分の走査35が試料表面で行われる。

【0029】図5に、本発明の実施の一例としてフローを示す。まず、目的とする視野を画面上に表示させる(501)。この時、傾斜の軸を機械的な回転またはラスタローテーションでX方向に合わせる。Mag. (観察倍率) およびTilt (試料傾斜角度) を記録(502)し、操作者に対しその値を表示する(503)。この時、Noの場合はキーボードなどから倍率および傾斜角度を入力(504)し、ステップ502に戻り、ステップ503でYesになるまで繰り返される。Yesの場合はオートフォーカス(505)を行い、その時のフォーカス電

流Iの値を、傾斜の変更位置のフォーカス電流I (Std)として記憶する(506)。前記ステップ506は、鳥瞰図観察において、オートフォーカスが端面位置に焦点が合うことによる。時計方向に現在の観察条件プラス90度のラスタローテーション(507)および、Focus Searchを行い(508)、画像信号のTop Peak位置を検出し(509)、端面位置Pnを算出する(510)。

【0030】上記ステップ507～510での動作概念図を図7に示す。ステップ507は、ステップ508におけるFocus SearchがX方向に対して行われるため、Y方向に対する端面位置PnをX方向に合わせるためのステップである。ステップ508～509では、端面位置Pnにフォーカスが合っている場合、フォーカスサーチ(Focus Search)による信号波形71のトップピーク(Top Peak)72が、その位置となる。ステップ510は、トップピーク72と、表示画面の中心73との表示画面上の二点間の距離74から、端面位置75を算出(後述)するステップである。この時のトップピーク72と、表示画面の中心73の位置は、画像メモリ部27の画素のアドレスにより決められる。また、二点間の距離74は、二点間の画素アドレスのXの値の差から、その値を表示画面上の距離に換算することで求められる。

【0031】図6に示すように、Mag., Tilt ( $\theta$ ), Pnの値より、Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまでのフォーカス変化量 $\Delta f(P1, Pn)$ および、端面位置PnからY方向走査終了位置Pmaxまでのフォーカス変化量 $\Delta f(Pn, Pmax)$ を算出(後述)する(511)。

【0032】前記ステップより得られた $\Delta f(P1, Pn)$ ,  $\Delta f(Pn, Pmax)$ および、I (Std) の値から、Y方向走査開始位置P1の時のフォーカス電流I (P1)と、Y方向走査終了位置Pmaxの時のフォーカス電流I (Pmax)を算出\*

$$y(Pmax) = L_y / M$$

で表される。これより、試料上での走査線1本当たりのY方向の移動量y(1)は次式で表される。\*

$$y(1) = y(Pmax) / 1n(Pmax)$$

また、表示画面中心までのY方向走査線数1n(center)は次式で表される。★

$$1n(center) = 1n(Pmax) / 2$$

また、画像メモリ部27の画素アドレスより求めた、画☆50☆面中心からTop PeakまでのX方向画素数をPixel(XT-

\* (後述)する(512)。

【0033】前記ステップより得られたI (P1), I (Pmax)より、Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまでの区間の、走査線1本当たりのフォーカス電流変化量 $\Delta I(P1, Pn)$ と、端面位置PnからY方向走査終了位置Pmaxまでの区間の、走査線1本当たりのフォーカス電流変化量 $\Delta I(Pn, Pmax)$ を算出(後述)する(513)。

【0034】以下のステップは、上記ステップ511～513により得られた、 $\Delta I(P1, Pn)$ ,  $\Delta I(Pn, Pmax)$ , I (P1), I (Pmax)を用い、フォーカス量を逐次変化させるステップである。フォーカス電流IをI (P1)に設定する(514)。Y方向走査を1ライン行う(515)。この時、Y方向走査は走査時間33だけ進む。Y方向走査線数1nが1n(Pn)(後述)になるまで、走査戻り時間34になるたびに、フォーカス電流Iにフォーカス電流変化量 $\Delta I(P1, Pn)$ を逐次加算する(516～517)。

【0035】1nが1n(Pn)となった時、次ステップに進み、走査戻り時間34の区間において、現在のフォーカス電流Iからフォーカス電流変化量 $\Delta I(Pn, Pmax)$ を逐次減算し(518)、その後ステップ515同様にY方向走査を1ライン行い、Y方向走査線数1nが1n(Pmax)(後述)になるまで、走査戻り時間34になるたびに、フォーカス電流Iからフォーカス電流変化量 $\Delta I(Pn, Pmax)$ を逐次減算する(518～520)。ステップ520で、Yesとなった時、1フレーム分の走査が終了し、最終的なフォーカス電流IはI (Pmax)となる。

【0036】上記ステップ514～520により、試料傾斜にそってフォーカス電流Iが変化し、全体にフォーカスのあった鳥瞰図画像を得ることができる。

【0037】前述したステップ510における端面位置Pnの算出方法を、図7を使用して以下に示す。Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまでの試料上での走査移動量および走査線数をそれぞれy(Pn)76および1n(Pn)とし、Y方向走査開始位置P1からY方向走査終了位置Pmaxまで試料上での走査移動量および走査線数をそれぞれy(Pmax)77および1n(Pmax)とする。ここでy(Pmax)および1n(Pmax)は、それぞれ試料上Y方向の全走査移動量および全走査線数と同一である。よって、最終表示画面におけるY方向の表示幅をLy、倍率をMとするとY方向の全走査移動量は、

$$- (式1)$$

※【0038】

$$- (式2)$$

★【0039】

$$- (式3)$$

C)、Y方向画素数をPixel(Y)とすると、表示画面上\* \*での二点間の距離LT-Cは、

$$LT-C = \text{Pixel}(XT-C) \cdot L_y / \text{Pixel}(Y) \quad - (式4)$$

となる。上式は、X方向画素数Pixel(XT-C)が、90 ※はラスタローテーション前のY方向の画素数と同じで度のラスタローテーションの後の値であるため、実質※ あることによる。また、その走査線数1n(LT-C)は、

$$1n(LT-C) = 1n(P_{max}) \cdot LT-C / L_y \quad - (式5)$$

となる。これより、端面位置Pnまでの走査線数1n(P★ ★n)は

$$1n(Pn) = 1n(\text{center}) \pm 1n(LT-C) \quad - (式6)$$

$$= 1n(P_{max}) \cdot (0.5 \pm LT-C / L_y) \quad - (式7)$$

となる。よって、(式1)、(式2)および(式7)よ☆ ☆り端面位置Pnまでの移動量y(Pn)76は、

$$y(Pn) = 1n(Pn) \cdot y(P_{max}) / 1n(P_{max}) \quad - (式8)$$

$$= (0.5 L_y \pm LT-C) / M \quad - (式9)$$

となる。端面位置Pnの走査線数1n(Pn)は(式7)から、移動量y(Pn)76は(式9)から求まる。(式6)、(式7)および(式9)中の±は、本例のように、Top Peak72の位置が、画面中心73よりも左にある場合は加算、逆に右にある場合は減算となる。

【0040】ステップ511～513における動作概略図を図8に、Δf(P1,Pn)、Δf(Pn,Pmax)、I(P1)、I(Pmax)、ΔI(P1,Pn)、ΔI(Pn,Pmax)それぞれの値の算◆

$$\Delta f(P1, Pn) = y(Pn) \cdot \tan \theta \quad - (式10)$$

$$\Delta f(Pn, P_{max}) = (y(P_{max}) - y(Pn)) \cdot \tan(90 - \theta) \quad - (式11)$$

ここで、図8において、y(Pn)は84に、(y(Pmax) - y(Pn))は85に相当する。これより、I(Std)より求められる端面位置Pnでのワーキングディスタンスをd\*

$$I(P1) = k \cdot (d(Pn) + \Delta f(P1, Pn)) \quad - (式12)$$

$$I(P_{max}) = k \cdot (d(Pn) + \Delta f(Pn, P_{max})) \quad - (式13)$$

で表される。図中のkは、加速電圧、レンズのコイル巻数、レンズの形状などにより定まる定数である。

【0042】これより、Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまでの区間のY方向走査線一本あたりのフォ※30

$$\Delta I(P1, Pn) = I(P1) / 1n(Pn) \quad - (式14)$$

$$\Delta I(Pn, P_{max}) = I(P_{max}) / (1n(P_{max}) - 1n(Pn)) \quad - (式15)$$

となる。

【0043】上記実施の形態において、ステップ505をオートフォーカスを用いたが、マニュアルにより合わせてもよい。

【0044】本実施の1形態は、試料の観察面の角度が90度変化する場合である。これはFIB加工面においては、試料表面に対し垂直方向からイオンビームを照射し加工するため、また半導体デバイスの切断面において40

は、そのSi基板の結晶方位によるへき開性のため、表面と断面の間の角度がほぼ90度になることによる。【0045】また、試料の二つの観察面の間の角度が、90度以外かつ既知でない場合は、端面位置Pnのフォーカス電流I(Std)の他に、走査終了位置Pmaxにフォ★

$$\Delta I(P1, Pn) = |I(P1) - I(Std)| / 1n(Pn) \quad - (式16)$$

$$\Delta I(Pn, P_{max}) = |I(Std) - I(P_{max})| / 1n(P_{max}) \quad - (式17)$$

となる。よって、Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまではフォーカス電流I(=I(P1))にΔI(P1,Pn)をY方向走査線一本ごとに逐次加算することにより、☆50

◆出式を以下に示す。図8より、試料(断面)81に電子ビーム4が走査される場合、Y方向走査開始位置P1から端面位置Pnまでフォーカスの必要変化量Δf(P1,Pn)82と、端面位置PnからY方向走査終了位置Pmaxまでのフォーカスの必要変化量Δf(Pn,Pmax)83は、前述y(Pn)およびy(Pmax)から次式の様に表される。

【0041】

\* (Pn)とすると、Y方向走査開始位置P1において必要とされるフォーカス電流量I(P1)、走査終了位置Pmaxにおいて必要とされるフォーカス電流量I(Pmax)は、

※一カス電流変化量ΔI(P1,Pn)と、端面位置Pnから走査終了位置Pmaxまでの区間のY方向走査線一本あたりのフォーカス電流変化量ΔI(Pn,Pmax)は、

★一カスを合わせ、その時のフォーカス電流I(Pmax)を記憶し、そこからY方向走査線一本あたりのフォーカス電流変化量ΔI(Pn,Pmax)を算出し、フォーカス電流I(=I(Std))に逐次減算することにより、画像の取得ができる。

【0046】また、試料形状の関係で試料台に水平に搭載できない場合は、試料傾斜角度が未知数となるため、Y方向走査開始位置P1、端面位置Pn、走査終了位置Pmaxのそれぞれにフォーカスを合わせ、それぞれのフォーカス電流をそれぞれI(P1)、I(Std)、I(Pmax)として記憶する。このときY方向走査線一本あたりのフォーカス電流変化量ΔI(P1,Pn)およびΔI(Pn,Pmax)は、

☆端面位置Pnから走査終了位置Pmaxまではフォーカス電流I(=I(Std))にΔI(Pn,Pmax)をY方向走査線一本ごとに逐次減算することにより、画像の取得ができ

る。

【0047】図9はダイナミックフォーカスの動作を示す概略図である。通常、試料傾斜時における観察は、図4(a)の様に、試料表面41の角度と電子ビーム4のフォーカス面42が一致しないため、表示画面上部に相当する試料面43と表示画面下部に相当する試料面44でフォーカスのずれた画像になる。このとき、対物レンズ電源20に入力されるパルス信号50は、図のようになっている。この時、対物レンズ電源20から対物レンズ6に入力されるフォーカス電流波形(傾斜なし)45は、図の様に一定値である。

【0048】そこで、ダイナミックフォーカスを動作させ、図9(b)の様に、Y方向走査に前述のようにフォーカス変化量によって調整したパルス信号46を、対物レンズ電源20を通して、対物レンズ6のフォーカス電流に重畳させることで、Y方向走査に合わせてフォーカス位置が変化し、試料表面41とフォーカス面42が重なり、全面にフォーカスが合った画像を得られる。この時、対物レンズ電源20から対物レンズ6に入力されるフォーカス電流波形(傾斜あり)47は、図の様なパルス信号になっている。

【0049】また、逆側の傾斜については、図9(c)の様に、Y方向走査の極性を反転させて調整したパルス信号48をフォーカス電流に重畳することで対応可能で\*

$$\Delta f(P1, Pn) = y(Pn) \cdot \tan(90 - \theta) \quad - (式18)$$

)

$$\Delta f(Pn, Pmax) = (y(Pmax) - y(Pn)) \cdot \tan \theta \quad - (式19)$$

)

とし、ステップ517における加算を減算に、ステップ518における減算を加算にすることにより、画像を取得し、レジストサイド部のラフネスや酸化膜表面の微細形状の把握ができる。

【0054】また顧客使用形態は、例えば薄膜評価のため同一視野上の表面および断面を、それぞれの傾斜方向に合わせた2枚の画像を一組として撮影していた場合、本発明により1枚の画像取得で済むことになる。これは、視野決定後の撮影時間が半分になることを示し、特にルーチンワーク的に広範囲多数試料を測定する場合に効率向上が図られ効果的である。

【0055】

【発明の効果】この発明によれば、2つ以上の傾斜角度を持つ試料の観察において、視野全面にフォーカスが合った画像が得られないと言う問題を解消でき、特にデバイス断面やFIB加工試料表面・断面の両方同時にフォーカスの合った鳥瞰図画像を簡易に取得できる走査電子顕微鏡を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく走査電子顕微鏡の実施の形態の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図1の一部詳細を示すブロック図である。 ※50

\*ある。このときのフォーカス電流波形(逆傾斜あり)49は、図の様なパルス信号になっている。

【0050】電子線を発生する電子銃と、電子線を収束し照射させる手段と、電子線を試料上に走査するための偏向手段と、電子線照射により試料表面から発生した信号を検出する検出器と、検出された信号を表示するための手段と、試料を傾斜する手段と、ダイナミックフォーカス機能を備えて、1フレーム中の複数箇所の対物レンズ励磁電流を別々に読み取り、記憶することにより、対物レンズ励磁電流の基準値および変化量を設定することができる。また、1フレーム中で対物レンズ励磁電流の変化量を変更できる。

【0051】試料の傾斜角度が例えば、90度変わったと想定して対物レンズ励磁電流の変化量を変更することができる。

【0052】断面・表面の双方を同時に観察する場合において、視野全面にフォーカスが合った状態で観察可能になる。

【0053】また、図10の様な $\theta$ 傾斜させた半導体などの基板101上の酸化膜102付のレジスト103のラインパターンの把握に本発明を適用する場合(図9(a))、前記実施の形態と凹凸が逆になるため、図9(b)において、式10および式11をそれぞれ、

※【図3】図1の一部詳細を示すブロック図である。

【図4】走査電子顕微鏡における走査パルス信号波形を示す図である。

【図5】図1の実施の形態の一つの動作フローチャートを示す図である。

【図6】図5の動作フローチャートに後続する図1の実施の形態の動作フローチャートを示す図である。

【図7】図5の動作フローチャートの内ステップ507～509の動作を示す概略図である。

【図8】図6の動作フローチャートの内ステップ511～513の動作を示す概略図である。

【図9】ダイナミックフォーカスの動作概略図である。

【図10】本発明に基づくその他の実施の形態の動作を示す概略図である。

【符号の説明】

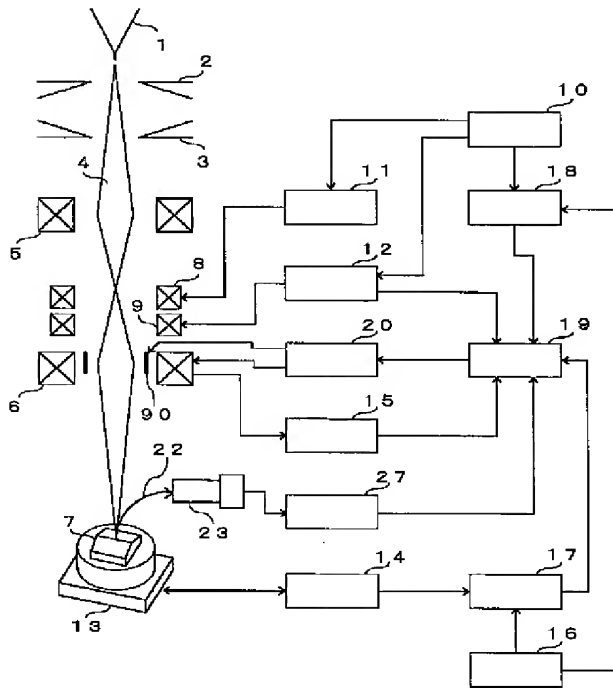
1…電子銃、2…引出し電極、3…加速電極、4…電子ビーム、5…コンデンサレンズ、6…対物レンズ、7…試料、8…X方向走査コイル、9…Y方向走査コイル、10…倍率制御部、11…X方向走査制御部、12…Y方向走査制御部、13…試料ステージ、14…ステージ制御部、15…フォーカス電流読み込み部、16…入力装置、17…Tilt角度読み込み部、18…倍率読み込み部、1

13

9…ダイナミックフォーカス制御部、20…対物レンズ電源、21…試料表面、22…二次電子、23…検出器、24…陰極線管、25…陰極線管X方向走査コイル、26…陰極線管Y方向走査コイル、27…画像メモリ部、31…X方向走査パルス信号、32…Y方向走査パルス信号、33…走査時間、34…走査もどり時間、35…1フレーム分の走査、41…試料表面、42…フォーカス面、43…表示画面上部に相当する試料面、44…表示画面下部に相当する試料面、45…フォーカス電流波形（傾斜なし）、46…振幅を調整したパルス信号、47…フォーカス電流波形（傾斜あり）、48…極

【図1】

図 1

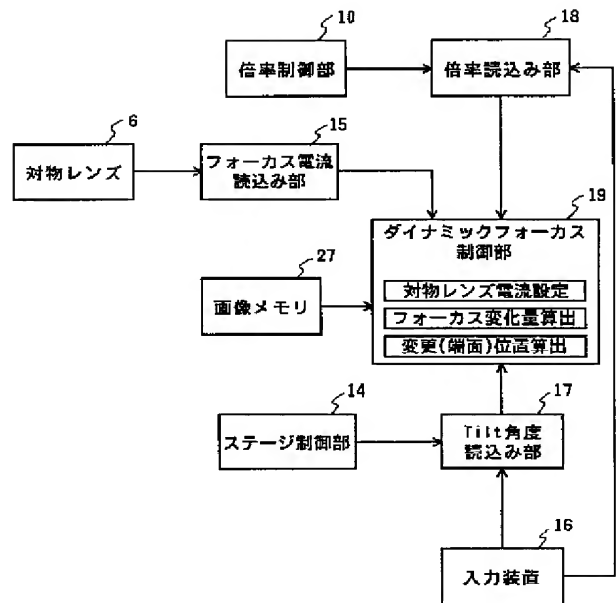


14

性を反転し振幅を調整したパルス信号、49…フォーカス電流波形（逆傾斜あり）、50…パルス信号、71…信号波形、72…トップピーク（Top Peak）、73…表示画面の中心、74…表示画面上の二点間の距離、75…端面位置、76…試料上での走査移動量 $y$  ( $P_n$ )、77…試料上での走査移動量 $y$  ( $P_{max}$ )、81…試料（断面）、82…フォーカスの必要変化量 $\Delta f$  ( $P_1, P_n$ )、83…フォーカスの必要変化量 $\Delta f$  ( $P_n, P_{max}$ )、84… $y$  ( $P_n$ )、85… $(y(P_{max}) - y(P_n))$ 、90…静電補助レンズ、101…基板、102…酸化膜、103…レジスト。

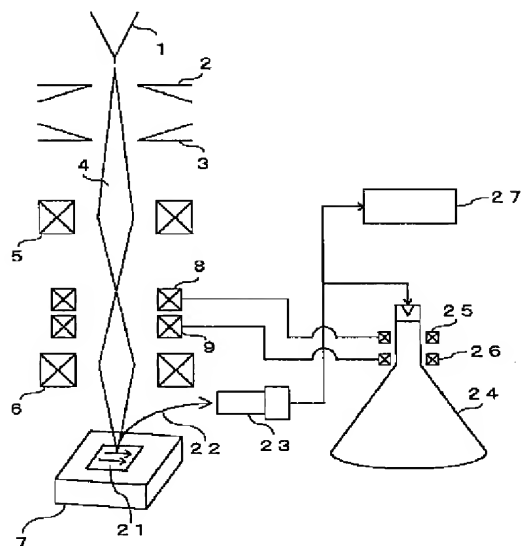
【図2】

図 2



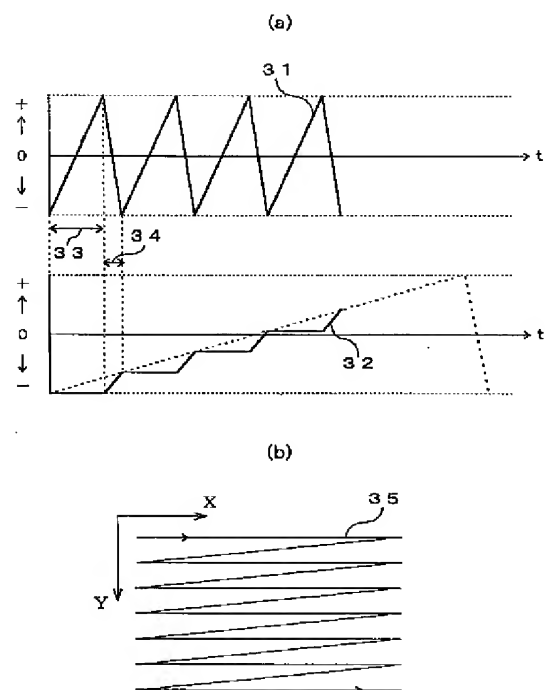
【図3】

図 3



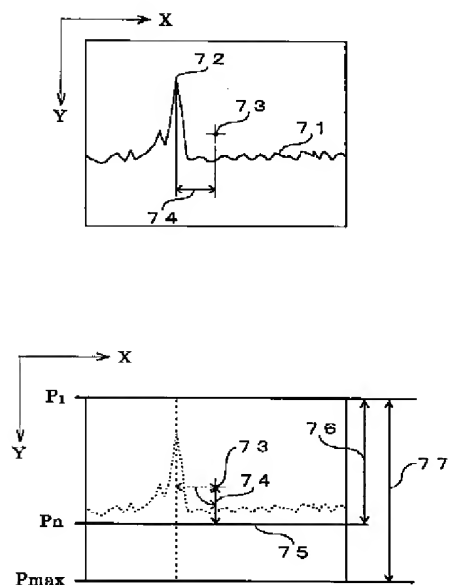
【図4】

図 4



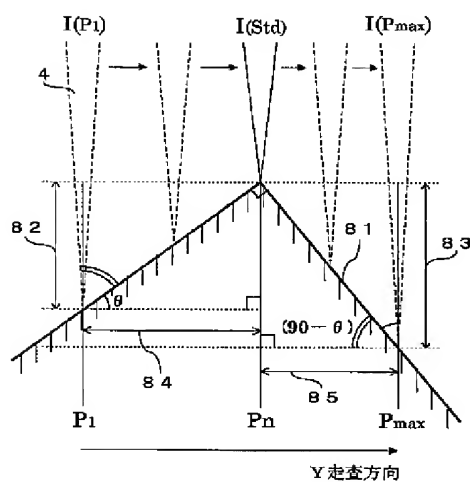
【図7】

図 7



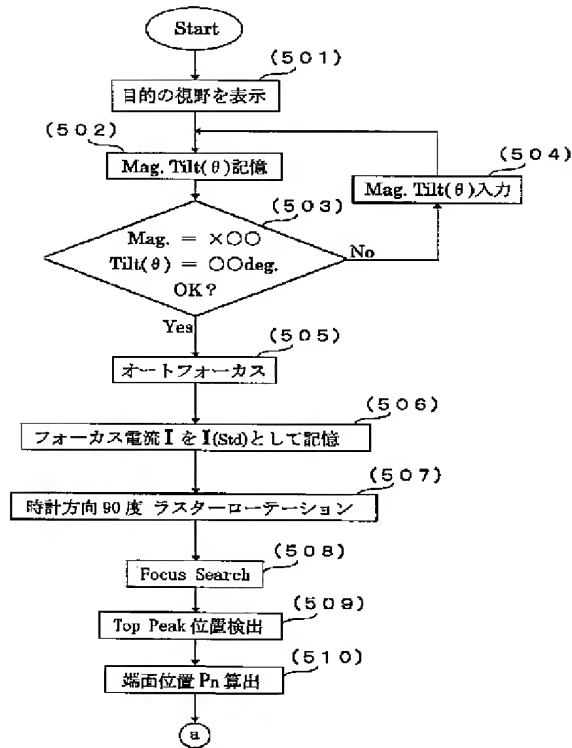
【図8】

図 8



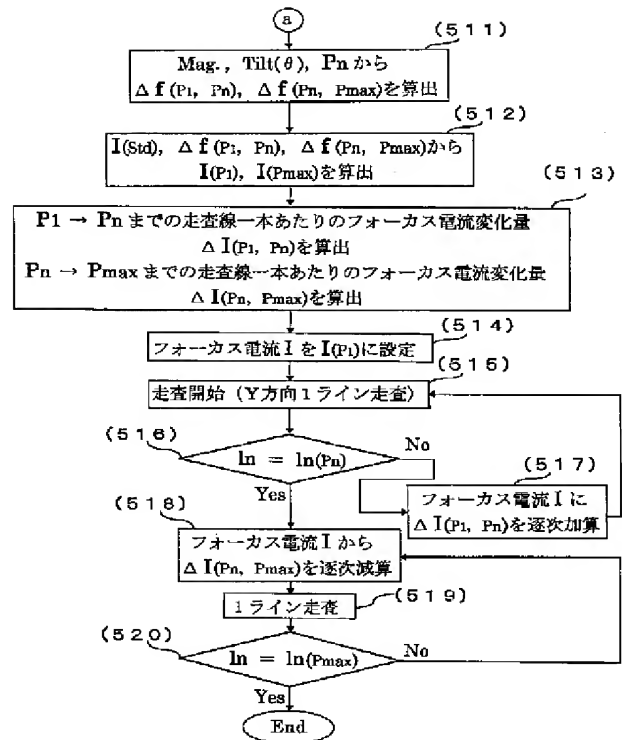
【図5】

図 5



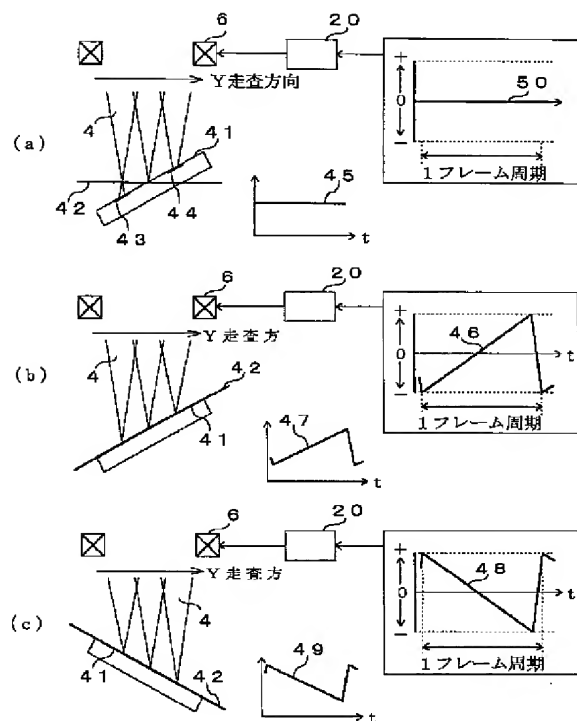
【図6】

図 6



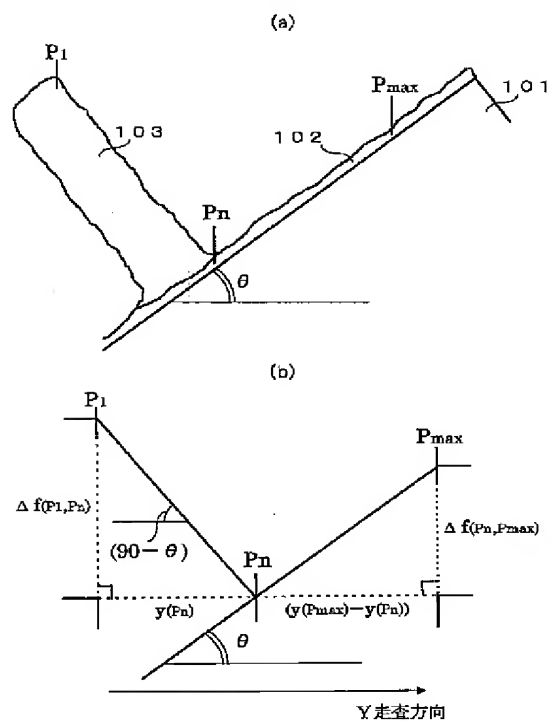
【図9】

図 9



【図10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 中川 美音  
茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内

(72)発明者 武藤 篤  
茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内  
Fターム(参考) 5C033 MM03 MM05

**PAT-NO:** JP02001210263A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2001210263 A  
**TITLE:** SCANNING ELECTRON  
MICROSCOPE, ITS DYNAMIC  
FOCUS CONTROL METHOD AND  
SHAPE IDENTIFYING METHOD FOR  
SEMICONDUCTOR DEVICE SURFACE  
AND CROSS SECTION  
**PUBN-DATE:** August 3, 2001

**INVENTOR-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>       | <b>COUNTRY</b> |
|-------------------|----------------|
| WATANABE, TOSHIYA | N/A            |
| NAKAGAWA, MINE    | N/A            |
| MUTO, ATSUSHI     | N/A            |

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>          | <b>COUNTRY</b> |
|----------------------|----------------|
| HITACHI LTD          | N/A            |
| HITACHI SCI SYST LTD | N/A            |

**APPL-NO:** JP2000023276  
**APPL-DATE:** January 27, 2000

**INT-CL (IPC):** H01J037/21 , H01J037/22

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain focused

pictures in all parts of the field of view in a scanning electron microscope equipped with a dynamic focus function by executing a bird's eye view observation on samples having 2 or more tilt angles, particularly simultaneous observation on the secant cross section of a device and surface and cross section of an FIB processed sample.

SOLUTION: The location of change in the tilt angle of a sample is identified by a signal wave after focusing. Based on such information as the above location of change in the tilt angle, focus current value, tilt angle information from the tilt angle read-in section 17 and observation magnification information from the magnification read-in section 18, focus variation rate  $\Delta I$  is calculated for each of scanning lines conforming to the tilt angles before and after the location of change in the tilt angle. Superposition is gradually proceeded with from the dynamic focus control section 19 to the object lens power 20, conforming to Y-direction scanning. The above method serves to prevent out-of-focus pictures in bird's eye view observation.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

**Disclaimer:**

This English translation is produced by machine translation and may contain errors. The JPO, the INPIT, and those who drafted this document in the original language are not responsible for the result of the translation.

**Notes:**

1. Untranslatable words are replaced with asterisks (\*\*\*).
2. Texts in the figures are not translated and shown as it is.

Translated: 01:58:28 JST 06/25/2008

Dictionary: Last updated 05/30/2008 / Priority:

---

## FULL CONTENTS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The electron gun which generates an electron beam, the irradiation part on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation part for making an electron beam scan on a sample, In the scanning electron microscope equipped with the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus The scanning electron microscope characterized by asking for the change position of the inclination of a sample from focal current information, computing the amount of focal change united with the inclination before and behind a change position, and setting up the amount of change of object lens exciting current with this amount of focal change.

[Claim 2] The scanning electron microscope characterized by having the display part which indicates the detected signal by a screen in Claim 1, computing the peak position in quest of a top peak from the change of a signal waveform by focal search, and deciding the position of a top peak on a display screen from the center of a display screen, and a peak position.

[Claim 3] In Claim 1, [ the amount of change of object lens exciting current ] The scanning electron microscope characterized by being set up based on the magnification information read into the magnification reading part from the angle-of-gradient information, magnification control part, or input device read into the stage control part or the sample angle-of-gradient reading part from the input device, and the picture information memorized by the image memory.

[Claim 4] in Claim 1 -- every scanning return time of the direction scan of Y -- focal current -- the amount of focal current change -- serial addition -- or [ it subtracts, is considered as the present focal current, and ] From the change position of the inclination of a sample, it is the scanning electron microscope characterized by subtracting or adding the amount of focal current change to the present focal current one by one, asking for the present focal current,

and setting up object lens exciting current of one line.

[Claim 5] The electron gun which generates an electron beam, the irradiation part on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation part for making an electron beam scan on a sample, In the scanning electron microscope equipped with the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus Ask for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and the amount of focal change united with the inclination before and behind a change position is computed. The scanning electron microscope characterized by setting up object lens exciting current, reading and memorizing two or more set-up object lens exciting current in one frame with this amount of focal change, and setting up the fiducial point and the amount of change of object lens exciting current in one frame.

[Claim 6] The electron gun which generates an electron beam, the irradiation part on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation part for making an electron beam scan on a sample, In the dynamic focus control method of the scanning electron microscope equipped with the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus The dynamic focus control method of the scanning electron microscope characterized by computing the amount of focal change accompanying asking for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and 90 degrees of the directions of a viewing screen changing in the sample from which 90 degrees of directions of dip of a viewing screen change.

[Claim 7] The electron gun which generates an electron beam, the irradiation part on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation part for making an electron beam scan on a sample, In the dynamic focus control method of the scanning electron microscope equipped with the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus The dynamic focus control method of the scanning electron microscope which is made to carry out the arbitrary angle inclination of the sample, and is characterized by asking for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and computing the amount of focal change accompanying the inclination before and behind a change position from each focal current of the change position of an inclination, and the end position of a scanning.

[Claim 8] In the surface of the semiconductor device by a scanning electron microscope, and the grasp method of cross-sectional form Carry out the arbitrary angle inclination of the semiconductor device, and it asks for the change position of the inclination of a sample from focal current information. The surface of a semiconductor device and the grasp method of

cross-sectional form which are characterized by computing the amount of focal change accompanying the inclination before and behind a change position, controlling magnetization lens current, and acquiring the surface and the section on the same view of a display screen in the picture of one sheet.

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the scanning electron microscope with a dynamic focus function and a sample gradient function which forms an image with the signal generated from the sample surface, and relates to the simultaneous observation of the surface of a sample, and a section which performed the rate section of a semiconductor device, and FIB processing especially about observation of the inclined sample. FIB processing is the processing method which can create arbitrary sections in arbitrary places here by irradiating Ga ion beam in the sense of processing by Focused Ion Beam at a sample.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although generally known for having the deep depth of focus by a scanning electron microscope, in high resolution observation, it is necessary to enlarge the difference angle of the electron beam at the time of sample irradiation, and to make the diameter of spot of an electron beam small. At this time, the depth of focus is in inverse proportion to a difference angle (it becomes shallow).

[0003] Therefore, a dynamic focus is used in order to lose dotage of the focus by the difference in the height of a sample, when performing high resolution observation in the state where the sample was inclined.

[0004] Moreover, also in surface observation of the sample of a single inclination, in using a dynamic focus, the amount of change of a focus is performed by manual operation, looking at a screen, and the operation is complicated and requires some skill.

[0005] As the Measurement Division technique for the sample which has a spread in the direction of Z, as shown, for example in JP,H5-299048,A, a focus is shaken forward and backward, the part which the focus suited, and its Z-axis information are extracted, and there is a technique displayed [ which displays and generates a bird's-eye view ] by adding and uniting it.

[0006]

[Problem to be solved by the invention] In actual operation of a dynamic focus, [ adjustment of the amplitude of a pulse signal ] Complicated operation is needed, in order for manual operation to adjust the amount of change, observing a scanning electron microscope image so

that a focus may suit simultaneously in the screen upper part and the lower part after uniting a focus centering on a screen.

[0007] The observation needs of the processing side are growing steadily with the spread of convergence ion beam machining equipment. It is necessary to perform a sample inclination for the observation from physical restriction, and especially in box processing, in order to take correspondence with surface structure, simultaneous observation of the surface and a section is performed. Box processing is a processing method which makes a hole in a box type from the sample surface here in order to perform cross-sectional observation of the arbitrary part (for example, failure part of a device) of a sample.

[0008] Moreover, about the thin film evaluation in a semiconductor or a display device, the formation process of the film the cross-sectional structure corresponding to surface form or its form and from a section etc. serves as an important factor which determines the characteristic of a thin film, therefore simultaneous observation of the surface and a section is indispensable.

[0009] However, in the dynamic focus in the conventional technology, like the rate section of a FIB processing sample or a semiconductor device, since the angle of gradient of a viewing screen changes in a frame in the bird's-eye view observation which observes the section and the surface of a sample together, if it unites with one inclination, a focus does not suit the opposite side. Therefore, the present condition is not using a dynamic focus but observing by uniting a focus only with one of the inclinations of the sample surface and a section, or uniting a focus only with the pole near the change of the surface and a section part.

[0010] However, as mentioned above, in component-engineering development of a semiconductor or a display device, Miquelon Uda, or the table and cross-sectional simultaneous observation evaluation of the thin film not more than it is indispensable, and it was anxious for establishment of the observation technique which a focus suits all over a bird's-eye view.

[0011] When it specializes in a FIB processing sample or a sample with a comparatively big change of the direction of the Z-axis like simultaneous observation of the surface and the section of a thin film, required acquisition picture number of sheets increases, and since the technique of JP,H5-299048,A mentioned above takes great processing time, by it, measurement by a quantity throughput cannot be performed easily.

[0012] In a certain case, at least two or more directions of a sample inclination, such as a FIB processing sample and a rate section sample of a semiconductor device, set especially the purpose of this invention to simultaneous observation of the surface and a section. It is in offering the surface of the scanning electron microscope which can unite a focus automatically and simple all over a view, its dynamic focus control method, and a semiconductor device, and the grasp method of cross-sectional form.

[0013]

[Means for solving problem] The electron gun which generates an electron beam in this invention in order to attain said purpose, The means on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation means for scanning an electron beam on a sample, In the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, the means for displaying the detected signal, a means to incline a sample, and a scanning electron microscope equipped with a dynamic focus function It is in setting up and observing the amount of change of object lens exciting current based on observation conditions. Thereby in the sample which has at least two or more inclinations, there is an angle during the inclination of two viewing screens, such as a FIB processing side and a rate section of a semiconductor device, in obtaining the picture which the focus suited all over the view automatically and simple to the sample which is 90 degrees especially.

[0014] The above "observation conditions" is the observation conditions when obtaining the last picture here, and focal current value information, angle-of-gradient information, magnification information, and picture information are included.

[0015] This invention specifically offers the equipment and the method of hanging up over the next.

[0016] The irradiation part which it is completed and makes the electron gun which generates an electron beam, and an electron beam irradiate this invention, In the scanning electron microscope equipped with the deviation part for making an electron beam scan on a sample, the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus It asks for the change position of the inclination of a sample from focal current information, the amount of focal change united with the inclination before and behind a change position is computed, and the scanning electron microscope which sets up the amount of change of object lens exciting current with this amount of focal change is offered.

[0017] This invention is equipped with the display part which indicates the signal detected further by a screen, computes the peak position in quest of a top peak from the change of a signal waveform by focal search, and offers the scanning electron microscope which decides the position of a top peak on a display screen from the center of a display screen, and a peak position.

[0018] Further this invention [ the amount of change of object lens exciting current ] The scanning electron microscope set up based on the magnification information read into the magnification reading part from the angle-of-gradient information, magnification control part, or input device read into the stage control part or the sample angle-of-gradient reading part from the input device and the picture information memorized by the image memory is offered.

[0019] this invention -- further -- every scanning return time of the direction scan of Y -- focal

current -- the amount of focal current change -- serial addition -- or [ it subtracts, is considered as the present focal current, and ] From the change position of the inclination of a sample, the amount of focal current change is subtracted or added to the present focal current one by one, it asks for the present focal current, and the scanning electron microscope which sets up object lens exciting current of one line is offered.

[0020] The irradiation part which it is completed and makes the electron gun which generates an electron beam, and an electron beam irradiate this invention, In the scanning electron microscope equipped with the deviation part for making an electron beam scan on a sample, the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the dynamic focus control part which operates a dynamic focus Ask for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and the amount of focal change united with the inclination before and behind a change position is computed. With this amount of focal change, object lens exciting current is set up, two or more set-up object lens exciting current in one frame is read and memorized, and the scanning electron microscope which sets up the fiducial point and the amount of change of object lens exciting current in one frame is offered.

[0021] The irradiation part which it is completed and makes the electron gun which generates an electron beam, and an electron beam irradiate this invention, The deviation part for making an electron beam scan on a sample, and the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, In the dynamic focus control method of the scanning electron microscope equipped with the dynamic focus control part which operates a dynamic focus In the sample from which 90 degrees of directions of dip of a viewing screen change, it asks for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and the dynamic focus control method of the scanning electron microscope which computes the amount of focal change accompanying 90 degrees of the directions of a viewing screen changing is offered.

[0022] The irradiation part which it is completed and makes the electron gun which generates an electron beam, and an electron beam irradiate this invention, The deviation part for making an electron beam scan on a sample, and the detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, In the dynamic focus control method of the scanning electron microscope equipped with the dynamic focus control part which operates a dynamic focus The arbitrary angle inclination of the sample is carried out, it asks for the change position of the inclination of a sample from focal current information, and the dynamic focus control method of the scanning electron microscope which computes the amount of focal change accompanying the inclination before and behind a change position from each focal current of the change position of an inclination and the end position of a scanning is offered.

[0023] In the surface of the semiconductor device according [ this invention ] to a scanning

electron microscope, and the grasp method of cross-sectional form Carry out the arbitrary angle inclination of the semiconductor device, and it asks for the change position of the inclination of a sample from focal current information. The amount of focal change accompanying the inclination before and behind a change position is computed, and the surface of a semiconductor device and the grasp method of cross-sectional form of controlling magnetization lens current and acquiring the surface and the section on the same view of a display screen in the picture of one sheet are offered.

[0024]

[Mode for carrying out the invention] One work example concerning this invention is hereafter explained based on Drawings.

[0025] Drawing 1 is the block diagram showing the work example of this invention, and drawing 2 and drawing 3 are the partial detail views of drawing 1. In these figures, the electron beam 4 obtained with the electron gun 1, the drawer electrode 2, and the accelerating electrode 3 is completed as the surface of a sample 7 with a condensing lens 5 and the object lens 6. At this time, according to arbitrary setting magnifications, [ part / 10 / magnification control / magnification information ] It is told to the direction scanning control part 11 of X, and the direction scanning control part 12 of Y, respectively, and the electron beam 4 scans the sample 7 surface by inputting into the direction scanning coil 8 of X, and the direction scanning coil 9 of Y the scanning pulse signal which balanced magnification from the scanning control parts 11 and 12, respectively. That signal is memorized by the image memory 27 as a picture signal at the same time the secondary electron 22 generated from the sample surface is detected by a detector 23, and serves as a signal at this time and it is displayed as a scanning electron microscope image. Moreover, including sample inclination operation equipment (not shown), the sample stage 13 is controlled by the stage control part 14, and performs sample inclination, sample movement, etc.

[0026] The current value information read from the object lens 6 in the focal current reading part 15, The angle-of-gradient information read from the stage control part 14 or the input device 16 in the Tilt angle reading part 17, Based on the magnification information read from the magnification control part 10 or the input device 16 in the magnification reading part 18, and the picture information (memory address) memorized by the image memory 27 as shown in drawing 2 In the dynamic focus control part 19, amount of focal change  $\Delta f$  united with the inclination before and behind the change (end face) position  $P_n$  (after-mentioned) of the inclination in the direction scan of Y and an end-face position can be computed (after-mentioned), it can be made to be able to superimpose on the object lens power supply 20, and a focus can be united all over a sample. At this time, it is possible by using few exclusive coils or the electrostatic auxiliary lens 90 of the number of turns to improve the readiness of a focal change.

[0027] A detector 23 detects the secondary electron 22 generated from the sample surface 21. As a signal, on the display screen of the cathode-ray tube 24, the detected electron is scanned with the direction scanning coil 8 of X, the direction scanning coil 9 of Y, the direction scanning coil 25 of cathode-ray tube X with which the synchronization was taken, and the direction scanning coil 26 of cathode-ray tube Y, and is displayed as a scanning electron microscope image. Moreover, the picture signal is memorized by the image memory part 27 simultaneously with a display.

[0028] At the time of an electron beam scan, a direction scanning pulse signal 31 of a short cycle of X like drawing 4 (a) and the direction scanning pulse signal 32 of Y of a long cycle are inputted into each scanning coil. In the scanning time 33, the direction scanning pulse signal 31 of X changes, and the direction scan of X is performed. At this time, the direction scanning pulse signal 32 of Y does not change, and the direction scan of Y is not performed. In the scanning return time 34, the direction of X returns to the scanning position of a basis, and a fixed quantity of direction scans of Y move. By movement at this time, a scanning line will progress in the direction of Y by one. By repeating this cycle, the scan 35 for one frame is performed on the sample surface like drawing 4 (b).

[0029] A flow is shown in drawing 5 as an example of operation of this invention. First, the target view is displayed on a screen (501). At this time, the axis of an inclination is set in the direction of X by mechanical rotation or raster rotation. Mag. (observation magnification) and Tilt (sample angle of gradient) are recorded (502), and the value of opposite *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. is displayed on an operator (503). At this time, in No, magnification and an angle of gradient are inputted from a keyboard etc. (504), and it returns to Step 502, and it is repeated until it is set to Yes at Step 503. In Yes, autofocus (505) is performed and it memorizes the value of the focal current I at that time as focal current I of the change position of an inclination (Std) (506). Said step 506 is because the focus of autofocus suits to an end-face position in bird's-eye view observation. The present raster rotation (507) of 90 observation condition pluses and present Focus Search are performed clockwise (508), the Top Peak position of a picture signal is detected (509), and the end-face position Pn is computed (510).

[0030] The key map of operation in the above-mentioned steps 507-510 is shown in drawing 7. Since Focus Search in Step 508 is performed to the direction of X, Step 507 is a step for uniting the end-face position Pn to the direction of Y in the direction of X. the signal waveform according to the focal search (Focus Search) when the focus suits the end-face position Pn at Steps 508-509 -- top peak (Top Peak) 72 of 71 become the position. Step 510 is a step which computes the end-face position 75 from the distance 74 between two on the display screen of the top peak 72 and the center 73 of a display screen (after-mentioned). The position of the top peak 72 at this time and the center 73 of a display screen is determined by the address of the

pixel of the image memory part 27. Moreover, the distance 74 for two points is found by converting the value into the distance on a display screen from the difference of the value of X of the pixel address for two points.

[0031] it is shown in drawing 6 -- as -- the value of Mag., Tilt (theta), and Pn -- amount of focal change  $\Delta f$  (P1, Pn) from the direction scanning starting position P1 of Y to the end-face position Pn -- and Amount of focal change  $\Delta f$  (Pn, Pmax) from the end-face position Pn to the end position Pmax of the direction scanning of Y is computed (511). (after-mentioned)

[0032] The focal current I (P1) and the end position Pmax of the direction scanning of Y at the time of the value of  $\Delta f$  (P1, Pn),  $\Delta f$  (Pn, Pmax), and I (Std) which were obtained from said step to the direction scanning starting position P1 of Y The focal current I at the time (Pmax) is computed (512). (after-mentioned)

[0033] From I (P1) and I (Pmax) which were obtained from said step, amount of focal current change  $\Delta I$  per scanning line of the section from the direction scanning starting position P1 of Y to the end-face position Pn (P1, Pn), The end-face position Pn to end position Pmax of the direction scanning of Y Amount of focal current change  $\Delta I$  per scanning line of the section of until (Pn, Pmax) is computed (513). (after-mentioned)

[0034] The following steps are steps to which the amount of focuses is changed one by one using  $\Delta I$  (P1, Pn),  $\Delta I$  (Pn, Pmax), I (P1), and I (Pmax) which were obtained by the above-mentioned steps 511-513. Focal current I is set as I (P1) (514). The direction scan of one line of Y is performed (515). At this time, the direction scan of Y progresses only the scanning time 33. Whenever the scanning return time 34 comes until the number In of the direction scanning lines of Y becomes In (Pn) and the (after-mentioned), serial addition of the amount of focal current change  $\Delta I$  (P1, Pn) is carried out to focal current I (516-517).

[0035] When In turns into In (Pn), progress to the following step and it sets in the section of the scanning return time 34. Until it subtracts amount of focal current change  $\Delta I$  (Pn, Pmax) from the present focal current I one by one (518), it performs the direction scan of one line of Y like Step 515 after that and the number In of the direction scanning lines of Y is set to In (Pmax) (after-mentioned) Whenever the scanning return time 34 comes, amount of focal current change  $\Delta I$  (Pn, Pmax) is subtracted from focal current I one by one (518-520). At Step 520, when set to Yes, the scan for one frame is completed and final focal current I is set to I (Pmax).

[0036] By the above-mentioned steps 514-520, focal current I can change along with a sample inclination, and the bird's-eye view picture which had the focus in the whole can be obtained.

[0037] The calculation method of the end-face position Pn in Step 510 mentioned above is shown below using drawing 7 . The scanning movement magnitude and the number of scanning lines on the sample from the direction scanning starting position P1 of Y to the end-face position Pn are set to y (Pn)76 and In (Pn), respectively. The scanning movement

magnitude and the number of scanning lines on a sample are set to  $y$  ( $P_{\max}$ )<sup>77</sup> and  $\ln$  ( $P_{\max}$ ), respectively from the direction scanning starting position  $P_1$  of  $Y$  to the end position  $P_{\max}$  of the direction scanning of  $Y$ .  $y$  ( $P_{\max}$ ) and  $\ln$  ( $P_{\max}$ ) are the same as that of the total scanning movement magnitude of the direction of sample top  $Y$ , and the total number of scanning lines respectively here. Therefore, if display width of the direction of  $Y$  in the last display screen is set to  $L_y$  and magnification is set to  $M$ , it is the total scanning movement magnitude of the direction of  $Y$ .  $y(P_{\max}) = L_y/M$  - (formula 1)

It comes out and is expressed. From this, movement magnitude [ of the direction / on a sample / of  $Y$  per scanning line ]  $y$  (1) is expressed with the following formula.

[0038]

$y(1) = y(P_{\max})/\ln(P_{\max})$  - (formula 2)

Moreover, the number  $\ln$  (center) of the direction scanning lines of  $Y$  to a display screen center is expressed with the following formula.

[0039]

$\ln(\text{center}) = \ln(P_{\max})/2$  - (formula 3)

Moreover, [ the number of the direction pixels of  $X$  from the screen center searched for from the pixel address of the image memory part 27 to Top Peak ] if Pixel ( $XT-C$ ), and the direction [ of  $Y$  ] all number of pixels are set to Pixel ( $Y$ ) Distance  $LT-C$  between two on a display screen  $LT-C = \text{Pixel}(XT-C)$  and  $L_y/\text{Pixel}(Y)$  - (formula 4)

It becomes. Since the number Pixel of the direction pixels of  $X$  of an upper type ( $XT-C$ ) is a value after the raster rotation of 90 degrees, substance is because it is the same as the number of pixels of the direction of  $Y$  in front of raster rotation. Moreover, the number  $\ln$  ( $LT-C$ ) of scanning lines  $\ln(LT-C) = \ln(P_{\max})$  and  $LT-C/L_y$  - (formula 5)

It becomes. From this, it is the number  $\ln$  of scanning lines to the end-face position  $P_n$  ( $P_n$ ).  $\ln(P_n) = \ln(\text{center}) \times \ln(LT-C)$  - (formula 6)

$= \ln(P_{\max}) - (0.5 \times LT-C/L_y)$  - (formula 7)

It becomes. therefore, movement magnitude [ to (a formula 1) and (formula 2) (formula 7) the end-face position  $P_n$  ]  $y(P_n) \sim 76 \sim y(P_n) = \ln(P_n)$  and  $y(P_{\max})/\ln(P_{\max})$  - (formula 8)  
 $= (0.5 L_y \times LT-C)/M$  - (formula 9)

It becomes. As for the number  $\ln$  of scanning lines of the end-face position  $P_n$  ( $P_n$ ), 76 can be found from (a formula 9). When the position of Top Peak<sup>72</sup> is on the left of the screen center <sup>73</sup>, it is that it is added like this example, and (a formula 6) and (formula 7) (formula 9) inner  $\times$  are subtracted when it is in the right conversely.

[0040] the schematic view of operation in Steps 511-513 -- drawing 8 --  $\Delta f(P_1, P_n)$ ,  $\Delta f(P_n, P_{\max})$ ,  $I(P_1)$ ,  $I(P_{\max})$ , and  $\Delta I(P_1, P_n)$  and  $\Delta I(P_n, P_{\max})$  -- the formula of each value is shown below. From drawing 8, when the electron beam 4 is scanned by the sample (section) 81, from the direction scanning starting position  $P_1$  of  $Y$  to the end-face position  $P_n$

The amount  $\Delta f(P1, Pn)$  82 of required change of a focus, The amount  $\Delta f(Pn, Pmax)$  83 of required change of the focus from the end-face position  $Pn$  to the end position  $Pmax$  of the direction scanning of  $Y$  is expressed like the following formula from above-mentioned  $y(Pn)$  and  $y(Pmax)$ .

[0041]

$\Delta f(P1, Pn) = y(Pn) \cdot \tan\theta$  - (formula 10)

$\Delta f(Pn, Pmax) = (y(Pmax) - y(Pn)) \cdot \tan(90 - \theta)$  - (formula 11)

Here, in drawing 8,  $y(Pn)$  is equivalent to 84 and  $(y(Pmax) - y(Pn))$  is equivalent to 85. If the working distance in the end-face position  $Pn$  called for from  $I(Std)$  is set to  $d(Pn)$  from this The amount  $I$  of focal current ( $P1$ ) needed in the direction scanning starting position  $P1$  of  $Y$ , and end position  $Pmax$  of a scanning The amount  $I$  of focal current needed by setting ( $Pmax$ )  $I(P1) = k - (d(Pn) + \Delta f(P1, Pn))$  - (Formula 12)

$I(Pmax) = k - (d(Pn) + \Delta f(Pn, Pmax))$  - (formula 13)

It is come out and expressed.  $k$  in a figure is a constant which becomes settled with accelerating voltage, the coil number of turns of a lens, the form of a lens, etc.

[0042] From this, amount of focal current change  $\Delta I$  per direction scanning line of  $Y$  of the section from the direction scanning starting position  $P1$  of  $Y$  to the end-face position  $Pn$  ( $P1, Pn$ ), Amount of focal current change  $\Delta I$  per direction scanning line of  $Y$  of the section from the end-face position  $Pn$  to the end position  $Pmax$  of a scanning ( $Pn, Pmax$ )  $\Delta I(P1, Pn) = I(P1) / \ln(Pn)$  - (formula 14)

$\Delta I(Pn, Pmax) = I(Pmax) / (\ln(Pmax) - \ln(Pn))$  - (formula 15)

It becomes.

[0043] In the form of the above-mentioned implementation, although autofocus was used, you may unite Step 505 with a manual.

[0044] One form of this operation is the case where the angle of the viewing screen of a sample changes 90 degrees. In a FIB processing side, this is because the angle between the surface and a section turns into about 90 degrees in the rate section of a semiconductor device for \*\*\*\*\* by the crystal direction of the Si board in order to glare and process an ion beam perpendicularly to the sample surface.

[0045] When [ moreover, ] the angle between two viewing screens of a sample is not the known except 90 degrees A focus is united with the end position  $Pmax$  of a scanning other than the focal current  $I$  of the end-face position  $Pn$  ( $Std$ ). Acquisition of a picture can be performed by memorizing the focal current  $I$  at that time ( $Pmax$ ), computing amount of focal current change  $\Delta I$  per direction scanning line of  $Y$  ( $Pn, Pmax$ ) from there, and subtracting one by one on focal current  $I$  ( $=I(Std)$ ).

[0046] When [ moreover, ] it cannot carry at a level with a sample stand due to sample form Since a sample angle of gradient serves as an unknown, they are the direction scanning

starting position P1 of Y, the end-face position Pn, and the end position Pmax of a scanning. A focus is united with each and each focal current is memorized as I (P1), I (Std), and I (Pmax), respectively. At this time, they are the amounts  $\Delta I (P1, Pn)$  and  $\Delta I (Pn, Pmax)$  of focal current change per direction scanning line of Y.  $\Delta I (P1, Pn) = |I(P1) - I(Std)| / \ln (Pn) - (\text{formula } 16)$

$\Delta I (Pn, Pmax) = |I(Std) - I(Pmax)| / \ln (Pmax) - (\text{formula } 17)$

It becomes. Therefore, by carrying out serial addition of the  $\Delta I (P1, Pn)$  to focal current I (=I (P1)) from the direction scanning starting position P1 of Y for every one direction scanning line of Y up to the end-face position Pn Acquisition of a picture can be performed by subtracting  $\Delta I (Pn, Pmax)$  from the end-face position Pn one by one for every one direction scanning line of Y on focal current I (=I (Std)) up to the end position Pmax of a scanning.

[0047] Drawing 9 is the schematic view showing operation of a dynamic focus. Usually, like drawing 4 (a), since the focal field 42 of observation at the time of a sample inclination of the angle on the surface 41 of a sample and the electron beam 4 does not correspond, it becomes the picture from which the focus shifted in respect of [ 44 ] the sample equivalent to the sample side 43 equivalent to the upper part of a display screen, and the display screen lower part. At this time, the pulse signal 50 inputted into the object lens power supply 20 has become as it is shown in a figure. At this time, focal current wave type (with no inclination) 45 inputted into the object lens 6 from the object lens power supply 20 are a steady value, as shown in a figure.

[0048] Then, operate a dynamic focus and it lets the object lens power supply 20 pass for the pulse signal 46 adjusted to the direction scan of Y with the amount of focal change as mentioned above like drawing 9 (b). By making it superimpose on the focal current of the object lens 6, a focal position changes according to the direction scan of Y, the sample surface 41 and the focal field 42 overlap, and the picture which had a focus in the whole surface can be obtained. At this time, focal current wave type (those with inclination) 47 inputted into the object lens 6 are a pulse signal as shown in a figure from the object lens power supply 20.

[0049] Moreover, about the inclination by the side of reverse, it can respond by superimposing the pulse signal 48 which was made to reverse the polarity of the direction scan of Y, and was adjusted like drawing 9 (c) on focal current. Focal current wave type (those with reverse inclination) 49 at this time are a pulse signal as shown in a figure.

[0050] The electron gun which generates an electron beam, the means on which converge and which an electron beam is made to irradiate, and the deviation means for scanning an electron beam on a sample, The detector which detects the signal generated from the sample surface by electron irradiation, and the means for displaying the detected signal, The fiducial point and the amount of change of object lens exciting current can be set up by having a dynamic focus function, reading separately two or more object lens exciting current in one frame, and remembering it to be a means to incline a sample. Moreover, the amount of change of object

lens exciting current can be changed in one frame.

[0051] The angle of gradient of a sample can assume that it changed 90 degrees, for example, and the amount of change of object lens exciting current can be changed.

[0052] When observing the both sides of a section and the surface simultaneously, it becomes observable after the focus has suited all over a view.

[0053] Moreover, since the form of said operation and unevenness become reverse when applying this invention to grasp of the line pattern of the resist 103 with oxide film 102 on theta boards 101, such as a semiconductor made to incline, like drawing 10 ( drawing 9 (a)), In drawing 9 (b), it is each about a formula 10 and a formula 11.  $\Delta f(P1, Pn) = y(Pn)$  and  $\tan(90 - \theta)$  - (formula 18)

$\Delta f(Pn, Pmax) = (y(Pmax) - y(Pn)) \cdot \tan \theta$  - (formula 19)

By carrying out, by carrying out subtraction [ in / for the addition in Step 517 / Step 518 ] to addition, a picture is acquired to subtraction and grasp of the roughness of a resist side part or the detailed form on the surface of an oxide film is made to it.

[0054] Moreover, when the customer type of usage is photoing the picture of two sheets which united the surface and the section on the same view with each direction of dip as 1 set, for example for thin film evaluation, it can be managed with picture acquisition of one sheet by this invention. Improvement in efficiency is achieved and this is effective, when it is shown that the photography time after view determination becomes half and it measures a wide range a large number sample in routine work especially.

[0055]

[Effect of the Invention] In observation of the sample which has two or more angles of gradient according to this invention The problem referred to as that the picture which the focus suited all over the view is not obtained can be solved, and the scanning electron microscope which can acquire simply especially the bird's-eye view picture of a device rate section, or the FIB processing sample surface and a section which the focus both suited simultaneously can be offered.

#### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the outline composition of the form of operation of a scanning electron microscope based on this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the partial details of drawing 1 .

[Drawing 3] It is the block diagram showing the partial details of drawing 1 .

[Drawing 4] It is the figure showing the scanning pulse signal waveform in a scanning electron microscope.

[Drawing 5] It is the figure showing one operation flow chart of the form of operation of drawing 1 .

[Drawing 6] It is the figure showing the operation flow chart of the form of operation of drawing 1 which follows the operation flow chart of drawing 5 .

[Drawing 7] It is the schematic view showing operation of the inner steps 507-509 of the operation flow chart of drawing 5 .

[Drawing 8] It is the schematic view showing operation of the inner steps 511-513 of the operation flow chart of drawing 6 .

[Drawing 9] It is the schematic view of a dynamic focus of operation.

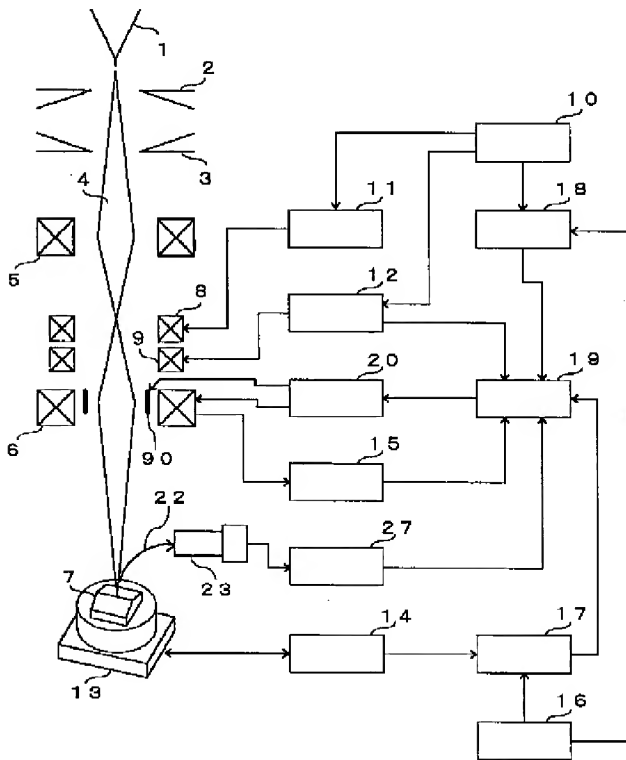
[Drawing 10] It is the schematic view showing operation of the form of other operations based on this invention.

[Explanations of letters or numerals]

1 [ -- An electron beam, 5 / -- Condensing lens, ] -- An electron gun, 2 -- A drawer electrode, 3 -- An accelerating electrode, 4 6 [ -- The direction scanning coil of Y, ] -- An object lens, 7 -- A sample, 8 -- The direction scanning coil of X, 9 10 -- A magnification control part, 11 -- The direction scanning control part of X, 12 -- The direction scanning control part of Y, 13 -- A sample stage, 14 -- A stage control part, 15 -- Focal current reading part, 16 -- An input device, 17 -- A Tilt angle reading part, 18 -- Magnification reading part, 19 -- A dynamic focus control part, 20 -- An object lens power supply, 21 -- Sample surface, 22 [ -- The direction scanning coil of cathode-ray tube X, ] -- A secondary electron, 23 -- A detector, 24 -- A cathode-ray tube, 25 26 -- The direction scanning coil of cathode-ray tube Y, 27 -- An image memory part, 31 -- The direction scanning pulse signal of X, 32 -- The direction scanning pulse signal of Y, 33 -- Scanning time, 34 -- Scanning return time, The scan for 35--1 frame, 41 -- The sample surface, 42 -- A focal side, 43 -- The sample side, 44 equivalent to the upper part of a display screen -- The sample side equivalent to the lower part of a display screen, 45 [ -- The pulse signal, 49 which reversed polarity and adjusted amplitude / -- Focal current wave type (those with a reverse inclination), 50 / -- Pulse signal, ] -- Focal current wave type (with no inclination), 46 -- The pulse signal, 47 which adjusted amplitude -- Focal current wave type (those with an inclination), 48 71 -- A signal waveform, 72 -- Top peak (Top Peak), 73 -- The center of a display screen, 74 -- The distance between two on a display screen, 75 -- An end-face position, 76 -- Scanning movement magnitude [ on a sample ] y (Pn), 77 -- The scanning movement magnitude y on a sample (Pmax), 81 -- Sample (section), 82 [ -- An electrostatic auxiliary lens, 101 / -- A substrate, 102 / -- An oxide film, 103 / -- Resist. ] -- Amount of required change  $\Delta f$  (P1, Pn) of a focus, 83 -- Amount of required change  $\Delta f$  (Pn, Pmax) of a focus, 84 -- y (Pn), 85, -- (y(Pmax)-y (Pn)), 90

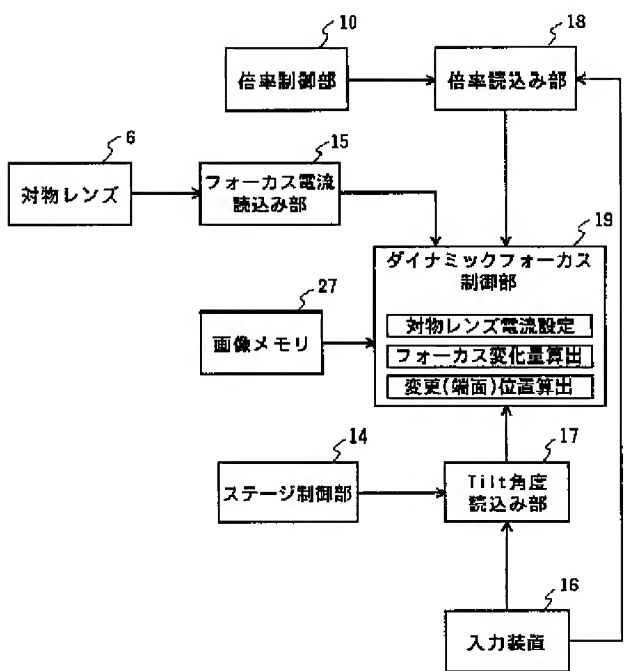
[Drawing 1]

図 1



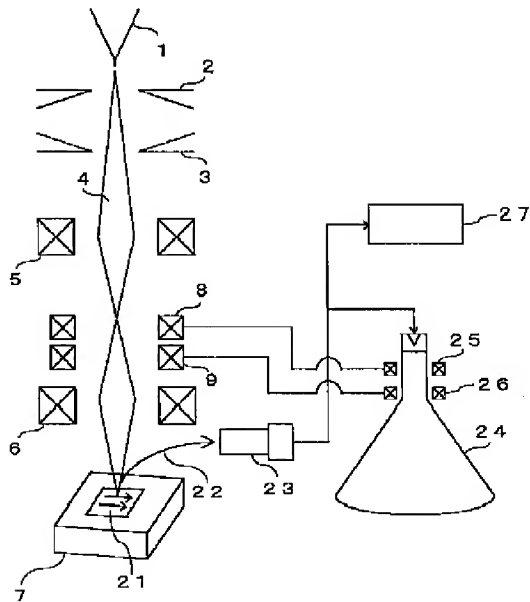
[Drawing 2]

図 2



[Drawing 3]

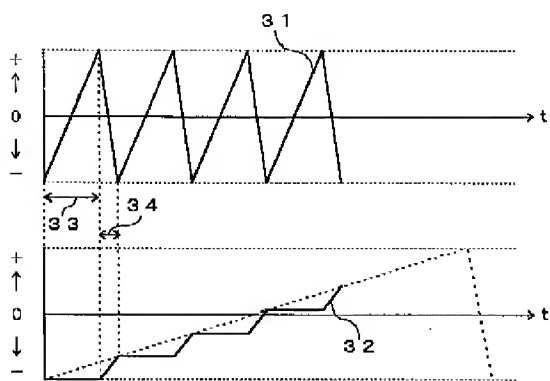
図 3



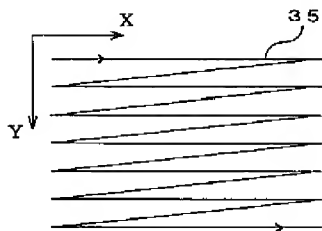
[Drawing 4]

図 4

(a)

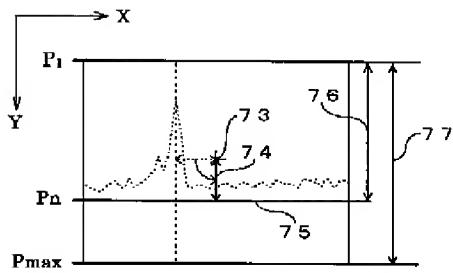
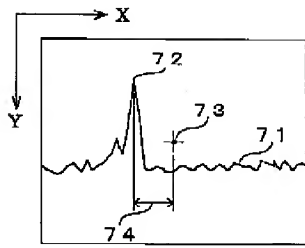


(b)



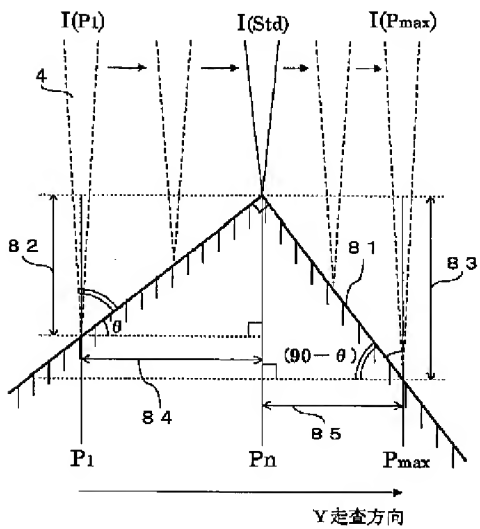
[Drawing 7]

図 7



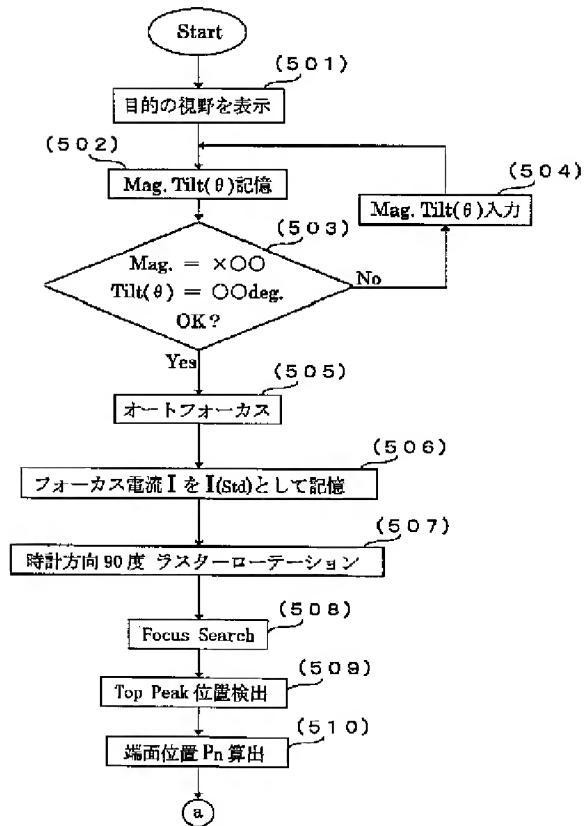
[Drawing 8]

図 8



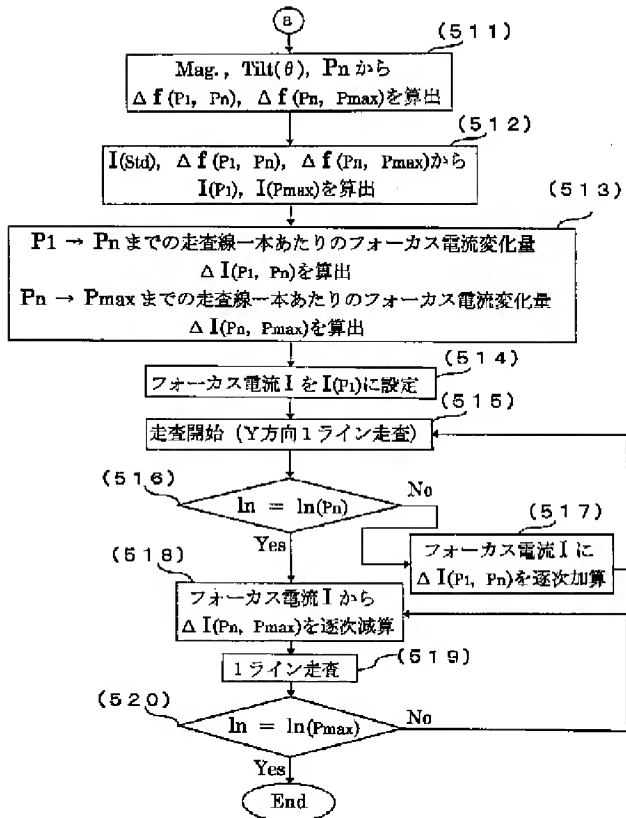
[Drawing 5]

図 5



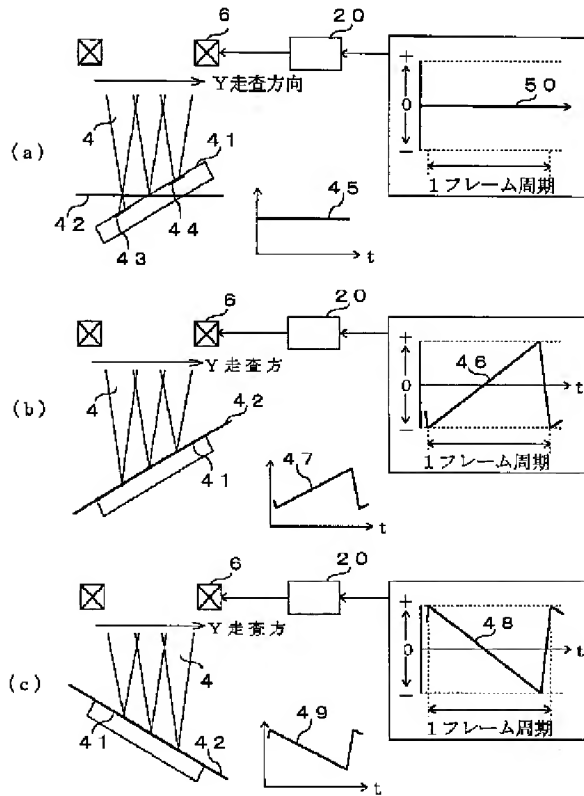
[Drawing 6]

図 6



[Drawing 9]

図 9



[Drawing 10]

図 10

